

TUGAS AKHIR

PEMBUATAN *MOLDING* SUDU DAN SUDU-SUDU TURBIN DENGAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG UNTUK TURBIN KAPLAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ANDRE SUWANDANA
1807230053



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andre Suwandana
NPM : 1807230053
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin
Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang
Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro
Bidang ilmu : Kontruksi & Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

Ir. H. Arfis Amiruddin, M.Si.

Dosen Penguji II

Arya Rudi Nasution, S.T., M.T.

Dosen penguji III

Khairul Umurani, S.T., M.T.



A Siregar, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Andre Suwandana
Tempat /Tanggal Lahir : Sei - Balai, 07 Juni 2001
NPM : 1807230053
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“PEMBUATAN *MOLDING* SUDU DAN SUDU-SUDU TURBIN DENGAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT BATANG PISANG UNTUK TURBIN KAPLAN PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Oktober 2022

Saya yang menyatakan,



Andre Suwandana

ABSTRAK

Kebutuhan manusia terhadap listrik sudah menjadi kebutuhan utama. Listrik tersebut dipergunakan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Adapun listrik diperoleh oleh manusia dari berbagai pemanfaatan pembangkit tenaga, seperti uap, air, gas, panas matahari dan sebagainya. Air merupakan salah satu sumber energi pembangkit tenaga listrik yang mudah dijumpai atau diperoleh. Sudu adalah bagian dari turbin, dimana konversi energi terjadi sudu terdiri dari bagian akar sudu badan sudu dan ujung sudu kemudian di rangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh. Komponen utama dalam penelitian ini adalah sudu tetap yang merupakan suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar. Cetakan adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat cairan logam yang akan dibentuk oleh model. Pembuatan cetakan dalam proses pengecoran merupakan hal yang sangat penting dan harus sesuai dengan modelnya masing-masing. Komposit adalah suatu system yang tersusun melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya. Setelah dilakukan pembuatan spesimen uji *impact* menggunakan bahankomposit serat batang pisang, resin, katalis, mirror glaze, dan bahan tambahan lainnya maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut; 1. Semakin rendah energi *impact* yang dihasilkan maka jenis perpatahan yang terjadi akan semakin getas. 2. Semakin tinggi energi *impact* yang dihasilkan maka jenis perpatahan yang terjadi akan semakin ulet. 3. Pengujian *impact* ini dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu spesimen terhadap pemberian beban secara tiba-tiba melalui tumbukan. 4. Hasil pengujian *impact* 1 sampai dengan 4 memiliki kekuatan yang berbeda-beda disetiap spesimen pengujiannya. a. Spesimen 100 % energi yang diserap sebesar 34,00356978 Joule. b. Spesimen 99,8 % : 0,200 % energi yang diserap sebesar 44,25882122 Joule. c. Spesimen 99,6 % : 0,400 % energi yang diserap sebesar 49,46876167 Joule. d. Spesimen 99,6 % : 0,400 % energi yang diserap sebesar 54,73146814 Joule.

Kata Kunci : Molding sudu dan sudu-sudu turbin kaplan, komposit serat batang pisang, dan pengujian impact.

ABSTRACT

The human need for electricity has become a major need. The electricity is used by humans for various needs. The electricity is obtained by humans from various uses of power plants, such as steam, water, gas, solar heat and so on. Water is one of the energy sources for generating electricity that is easy to find or obtain. The blade is part of the turbine, where energy conversion occurs. The blade consists of the root of the blade, the blade body and the tip of the blade, then assembled to form a full circle. The main component in this study is a fixed blade which is a slab construction with a certain shape and cross section, water as a working fluid flows through the space between the blades, thus the turbine wheel will be able to rotate. A mold is a tool that is used as a place for molten metal to be formed by the model. Mold making in the casting process is very important and must be in accordance with each model. Composite is a system composed by mixing two or more different materials, in the form and composition of materials that are insoluble with each other. In general, composite materials are materials that have several properties that are not possible for each of its components. In this sense, of course, the combination is not limited to the matrix material. After making impact test specimens using banana stem fiber composite materials, resins, catalysts, mirror glaze, and other additives, the following conclusions are obtained; 1. The lower the impact energy produced, the more brittle the fracture will be. the higher the impact energy produced, the more ductile the type of fracture will occur. 3. This impact test is carried out to test the toughness of a specimen against sudden loading through collisions. 4. The results of impact testing 1 to 4 have different strengths in each test specimen. a. Specimen 100 % energy absorbed is 34,00356978 Joule. b. Specimen 99.8 % : 0.200 % energy absorbed is 44.25882122 Joule. c. Specimen 99.6 % : 0.400 % energy absorbed is 49, 46876167 Joule.d. Specimen 99.6 % : 0.400 % energy absorbed is 54.73146814 Joule.

Keywords : Molding of Kaplan turbine blades and blades, banana stem fiber composites, and impact testing.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing dan penguji III yan telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. H. Arfis Amiruddin.,M Si selaku dosen penguji I dan Bapak Arya Rudi Nasution, S.T.,M.T selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T.,M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Waris Mandianto dan Suratmi, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Dimas Ibnu Kharisma, Muhammad Hakim, Muhammad Taufiq Hidayat, Rendi Fauji, Mhd.Maulana Husni, Aulia Ferdianda, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per-satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 10 Oktober 2022

Andre Suwandana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Ruang lingkup	4
1.4 Tujuan	4
1.4.1 Tujuan Umum	4
1.4.2 Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sudu Turbin	6
2.2 Turbin Air	7
2.2.1 Defenisi Energi Air	7
2.3 Defenisi Turbin Air	7
2.4 Jenis-Jenis Turbin	8
2.4.1 Turbin Implus	8
2.4.2 Turbin Reaksi	10
2.5 Klasifikasi Turbin	12
2.6 Komponen Turbin Air	13
2.7 Fungsi Turbin	14
2.8 Prinsip Kerja Turbin Air	14
2.9 <i>Molding</i> (Cetakan)	14
2.10 Komposit	16
2.11 Klasifikasi Komposit	17
2.12 Serat	18
2.12.1 Serat Batang Pisang	19
2.13 Metode Uji <i>Impact Charpy</i>	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	25
3.1 Tempat dan Waktu	25
3.1.1 Tempat	25
3.1.2 Waktu	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	32

3.3	Bagan Alir Penelitian	35
3.4	Rancangan Alat Penelitian	36
3.5	Prosedur Penelitian	36
3.6	Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji <i>Impact</i>	42
	3.6.1 Prosedur Pembuatan Spesimen Uji <i>Impact</i>	43
	3.6.2 Prosedur Pengujian Spesimen Uji <i>Impact</i>	46
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Hasil Pembahasan	49
4.2	Hasil Pengujian Uji <i>Impact</i>	49
4.3	Pembahasan	53
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	SK PEMBIMBINGAN	
	BERITA ACARA	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Turbin Berdasarkan Klasifikasinya	13
Tabel 2.2 Spesifikasi Mekanik Pohon Pisang Kepok	20
Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Kegiatan	25
Tabel 4.1 Komposisi Material Komposit Berpenguat Serat Batang Pisang	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Kaplan/Air	8
Gambar 2.2 Sudu Turbin Pelton	9
Gambar 2.3 Turbin Crossaflo	10
Gambar 2.4 Turbin Kaplan Dengan Sudu Jalan Yang Dapat Diatur	11
Gambar 2.5 Turbin Francis	11
Gambar 2.6 Turbin Vortex	12
Gambar 2.7 Grafik Turbin Berdasarkan Beban dan Efisiensinya	13
Gambar 2.8 Komposit Partikel (<i>Particulate Composite</i>)	17
Gambar 2.9 Komposit Serat (<i>Fibrous Composite</i>)	18
Gambar 2.10 Ilustrasi Komposit Berdasarkan Penguatnya	18
Gambar 2.11 Alat Uji <i>Impact Charpy</i>	21
Gambar 2.12 Patah Getas	23
Gambar 2.13 Patah Ulet	24
Gambar 3.1 Timbangan Digital	26
Gambar 3.2 Gelas Ukur	26
Gambar 3.3 Jangka Sorang	26
Gambar 3.4 Skrap	27
Gambar 3.5 Sarung Tangan Karet	27
Gambar 3.6 Kuas	27
Gambar 3.7 Cetakan Spesimen Uji Impact	28
Gambar 3.8 Alat Uji Impact	28
Gambar 3.9 Mesin 3d Printing	28
Gambar 3.10 Obeng	29
Gambar 3.11 Kikir	29
Gambar 3.12 <i>Syringe</i> (Jarum Suntik)	29
Gambar 3.13 Tisu	30
Gambar 3.14 Guting dan Pisau	30
Gambar 3.15 Amplas/Kertas Pasir	30
Gambar 3.16 Sumpit	30
Gambar 3.17 Ragum	31
Gambar 3.18 Penggaris	31
Gambar 3.19 Karet	31
Gambar 3.20 Kardus	32
Gambar 3.21 Serat Batang Pisang	32
Gambar 3.22 Resin	32
Gambar 3.23 Katalis	33
Gambar 3.24 <i>Mirror Glaze (wax)</i>	33
Gambar 3.25 Silicone Rubber dan Hardener	33
Gambar 3.26 Lem Kayu	34
Gambar 3.27 Tinta filament 3d Printing	34
Gambar 3.28 Lilin	34
Gambar 3.29 Bagan Alir Penelitian	35
Gambar 3.30 Rancangan Alat Penelitian	36
Gambar 3.31 Penyetakan Sudu-Sudu Turbin di 3d Printing	37
Gambar 3.32 Membersihkan Sisa-Sisa Filament	37
Gambar 3.33 Membuat Lingkaran di Kardus	37

Gambar 3.34 Mengoleskan <i>Mirror Glaze</i> ke Sudu dan Poros Turbin Kaplan	37
Gambar 3.35 Menimbang Silicone Rubber dan Hardener	38
Gambar 3.36 Mengaduk Silicone Rubber dan Hardener	38
Gambar 3.37 Memasukkan Silicone Rubber dan Hardener Kedalam Cetakan Kardus	38
Gambar 3.38 Memasukkan Sudu-Sudu Turbin Kaplan Kedalam Kardus	39
Gambar 3.39 Menuangkan Sisa Campuran Silicone Rubber dan Hardener Kedalam Cetakan Kardus	39
Gambar 3.40 Hasil Pembuatan <i>Molding</i> Sudu-Sudu Turbin Kaplan	39
Gambar 3.41 Menimbang Serat	40
Gambar 3.42 Memasukkan Serat Batang Pisang Kecetakan	40
Gambar 3.43 Menutup Bagian Atas <i>Molding</i> dan Memberinya Karet	40
Gambar 3.44 Mencampurkan Resin dan Katalis	41
Gambar 3.45 Mengaduk Resin dan Katalis	41
Gambar 3.46 Memasukkan Resin dan Katalis Kecetakan	41
Gambar 3.47 Membuka Tiap Bagian Yang Ada Dicetakan	42
Gambar 3.48 Mengamplas Sudu-Sudu Turbin Kaplan	42
Gambar 3.49 Hasil Pembuatan Sudu-Sudu Turbin Kaplan	42
Gambar 3.50 Spesimen Uji <i>Impact</i> (dalam satuan mm)	42
Gambar 3.51 Menimbang Serat Batang Pisang	43
Gambar 3.52 Melapisi Cetakan Spesimen Dengan <i>Mirror Glaze</i>	43
Gambar 3.53 Mengukur Volume Resin dan Katalis	43
Gambar 3.54 Mencampurkan Resin dan Katalis	44
Gambar 3.55 Mengaduk Antara Resin dan Katalis	44
Gambar 3.56 Penuangan Lapisan Pertama Antara Resin dan Katalis	44
Gambar 3.57 Memasukkan Serat Batang Pisang Kecetakan Uji <i>Impact</i>	44
Gambar 3.58 Menuangkan Kembali Sisa Campuran Resin dan Katalis Kedalam Cetakan Uji <i>Impact</i>	45
Gambar 3.59 Membuka Baut Pengunci Dicetakan Spesimen Uji <i>Impact</i>	45
Gambar 3.60 Meratakan Spesimen Uji <i>Impact</i>	45
Gambar 3.61 Membuat Sudut Takik Pada Spesimen Uji <i>Impact</i>	46
Gambar 3.62 Hasil Spesimen Uji <i>Impact</i>	46
Gambar 3.63 Alat Uji <i>Impact</i> dan Kelengkapannya	46
Gambar 3.64 Spesimen Uji <i>Impact</i>	47
Gambar 3.65 Meletakkan Spesimen	47
Gambar 3.66 Proses Pengujian Uji <i>Impact</i>	47
Gambar 3.67 Melihat Sudut Akhir Pada Indikator Alat Uji <i>Impact</i>	47
Gambar 3.68 Bentuk Spesimen Setelah Pengujian	48
Gambar 4.1 Hasil <i>Molding</i> Sudu-Sudu Turbin Kaplan	49
Gambar 4.2 Hasil Sudu-Sudu Turbin Kaplan	49
Gambar 4.3 Spesimen 100 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji	50
Gambar 4.4 Spesimen 99,8 % : 0,200 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji	51
Gambar 4.5 Spesimen 99,6 % : 0,400 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji	52
Gambar 4.6 Spesimen 99,6 % : 0,400 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji	53
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian <i>Impact</i>	54

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
E	Energi Yang Diserap	Joule
W	Berat Bandulan	Kg
g	Gaya Gravitasi	m/s ²
L	Panjang Lengan Bandulan	m
X ₀	Sudut Awal Lengan Bandulan	o
X _t	Sudut Akhir Bandulan	o

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia terhadap listrik sudah menjadi kebutuhan utama. Listrik tersebut dipergunakan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Adapun listrik diperoleh oleh manusia dari berbagai pemanfaatan pembangkit tenaga, seperti uap, air, gas, panas matahari dan sebagainya. Air merupakan salah satu sumber energi pembangkit tenaga listrik yang mudah dijumpai atau diperoleh.

Penggunaan sumber energi sekarang ini sebagian besar masih diperoleh dari pembakaran bahan bakar fosil yang terdiri dari batu bara, minyak, dan gas bumi. Sementara cadangan sumber energi dari bahan bakar fosil tersebut mulai menipis karena sumber daya energi tersebut tidak dapat diperbaharui. Akibat yang ditimbulkan adanya polusi udara, ketidak stabilan harga dan efek rumah kaca yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut. Untuk itulah, maka sekarang ini dikembangkan sumber energi terbarukan guna mengurangi resiko tersebut, yang bersumber dari alam , seperti energi air, energi surya, energi angin atau energi panas bumi. Energi tersebut dimanfaatkan karena sumber energi tersebut mudah didapat dan diperbaharui.

Kemajuan teknologi sekarang ini selalu mengalami perkembangan, salah satunya dibidang teknik mesin, pengembangan teknologi khususnya dalam hal pengembangan pembangkit tenaga yang bersumber dari alam, termasuk penggunaan energi air sebagai salah satu sumber tenaga pembangkit listrik (Sofyan & Bancin, 2021).

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Pemanfaatan energi air pada dasarnya adalah pemanfaatan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik, sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung dan dari energi mekanik tersebut dikonversi menjadi energi listrik. Pada umumnya untuk mendapatkan energi mekanik aliran air ini, perlu beda tinggi air yang diciptakan dengan menggunakan bendungan. Akan

tetapi dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai.

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan sumber listrik bagi masyarakat yang memberikan banyak keuntungan terutama bagi masyarakat pedalaman di seluruh Indonesia. Disaat sumber energi lain mulai menipis dan memberikan dampak negatif, maka air menjadi sumber yang sangat penting karena dapat dijadikan sumber energi pembangkit listrik yang murah dan tidak menimbulkan polusi. Selain itu, Indonesia kaya akan sumber daya air sehingga sangat berpotensi untuk memproduksi energi listrik yang bersumber daya air (Yessy Asri & Alvin Kurnia, 2016).

Listrik tenaga hidro (air) merupakan jenis energi bersih dan terbarukan yang dapat dioptimalkan terutama dalam rangka meminimalisir kerusakan lingkungan dan pemanasan global. Air dengan potensi besar dapat dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga air (PLTA), sedangkan air dengan skala menengah dan kecil dapat dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM) ataupun mikrohidro (PLTMH). Namun ditengah meningkatnya tren penggunaan energi baru terbarukan (EBT) sebagai sumber energi masa depan, penggunaan energi alternatif ini secara nasional masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara (Astro dkk, 2020).

Turbin air adalah suatu mesin yang menghasilkan energi mekanik berupa putaran poros dengan memanfaatkan energi potensial air. Selanjutnya energi tersebut diubah menjadi bentuk energi lain seperti energi listrik. Turbin air terdiri dari air (sumber energi), turbin, dan generator. Pada perancangan turbin, jenis dan dimensi sangat tergantung dari kondisi head dan kapasitas yang tersedia. Sehingga agar diperoleh efisiensi yang maksimum, maka turbin air yang beroperasi pada suatu lokasi tertentu akan mempunyai desain yang *spesifik* (tipe maupun dimensi) dan berbeda dengan lokasi lain (Sofyan & Bancin, 2021).

Komposit merupakan salah satu jenis material di dalam dunia teknik yang dibuat dengan penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadisaatu material baru dengan sifat yang berbeda pula. Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah

lingkungan serta ekonomis. Salah satunya adalah bahan-bahan serat alam dari limbah pertanian. Sisa pengolahan hasil pertanian yang jumlahnya melimpah di sekitar lingkungan kita, seperti serat kelapa muda dan batang pisang dapat dijadikan sebagai penguat untuk komposit polimer.

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Papan partikel yang terbuat dari serat dan dicampur dengan perekat, sehingga kemudian dapat dikempa menjadi papan. Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk dapat diarahkan, sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki. Hal ini yang dinamakan "tailoring properties". Beberapa sifat istimewa dari komposit, yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi, dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya (Apriani, 2017).

Dari uraian diatas maka saya mencoba melakukan penelitian sebagai tugas akhir saya yang berjudul “ Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut;

- a. Bagaimana Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisanag Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro yang baik dan benar.
- b. Bagaimana memanfaatkan serat batang pisang sebagai penguat dalam komposit untuk sudu-sudu turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.
- c. Bagaimana mengetahui seberapa besar kekuatan *impact* komposit yang diperkuat serat batang pisang untuk sudu-sudu turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.

1.3 Ruang Lingkup

Untuk dapat melakukan pembahasan secara lebih terarah dan sistematis serta mudah dalam pemahaman, maka penelitian ini diberikan batasan-batasan, diantaranya:

- a. Cetakan hanya untuk produk yang mikrohidro.
- b. Membuat *molding* sudu hanya untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.
- c. Membuat sudu-sudu disesuaikan dengan jenis turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari tugas sarjana ini adalah untuk mengetahui pembuatan *molding* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro yang layak untuk dioperasikan dan menggunakan uji *impact*.

1.4.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus pada penelitian ini adalah:

- a. Untuk membuat *molding* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.
- b. Untuk mengetahui kekuatan *impact* komposit yang optimal pada saat pengujian turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.
- c. Untuk mengevaluasi hasil dari pembuatan *molding* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi penelitian selanjutnya terutama yang berkaitan dengan pembuatan *molding* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang

untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.

- b. Untuk mengembangkan ide dalam pembuatan *molding* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro dengan baik dan benar, sehingga menjadi bahan pembelajaran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.
- c. Dapat mengurangi limbah komposit serat batang pisang dan menjadikannya sebagai sesuatu barang jadi yang layak siap pakai dikalangan masyarakat bahkan bernilai jual.
- d. Dapat mengetahui kekuatan uji *impact* komposit yang diperkuat serat batang pisang.

BAB 2

TINJAUAN PASTAKA

2.1 Sudu Turbin

Sudu adalah bagian dari turbin, dimana konversi energi terjadi sudu terdiri dari bagian akar sudu badan sudu dan ujung sudu kemudian di rangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh. Komponen utama dalam penelitian ini adalah sudu tetap yang merupakan suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar.

Turbin air terdapat dalam suatu pembangkit listrik berfungsi untuk mengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi kinetik. Selanjutnya energi kinetik ini akan dirubah menjadi energi elektrik melalui generator. Hal ini menyebabkan setiap pembahasan tentang turbin hidrolis akan mengikut sertakan generator sebagai pembangkit listrik. Turbin air adalah salah satu mesin penggerak yang mana fluida kerjanya adalah air. Berdasarkan perubahan energi turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin Impuls dan turbin reaksi. Turbin air adalah suatu mesin berputar yang mengkonversikan energi suatu gerakan aliran air menjadi energi mekanis yaitu energi puntir. Energi mekanis ini kemudian ditransfer melalui suatu poros untuk mengoperasikan mesin atau generator. Aliran air masuk ketahap pertama melalui nozel, kemudian keluar ketahap kedua melewati ruang udara pusat. Tetapi tahap tidak mengubah semua energi yang tersedia menjadi kerja.

Profil sudu turbin yang berbentuk mangkuk memiliki karakteristik daya dan efisiensi yang lebih baik dari bentuk sudu setengah silinder, Raharjo,2008 juga menyatakan profil sudu mangkuk lebih baik efisiensi dari pada profil sudu bilah sejajar, profil sudu bilah tegak lurus. Kecepatan angular dan besarnya torsi sangat mempengaruhi daya turbin, massa aliran yang menumbuk sudu turbin menyebabkan kecepatan angular yang akan mempengaruhi daya turbin dan efisiensi turbin. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan debit air yang menumbuk sudu turbin (K. Umurani dkk, 2020).

2.2 Turbin Air

2.2.1 Defenisi Energi Air

Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi terbaru, namun pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang sederhana. Pembangkit Listrik jenis ini dalam proses pembuatannya sangat ekonomis, tapi masih dalam skala kecil. Artinya pembangkit-pembangkit ini hanya mampu mencukupi pemakaian energi listrik untuk sejumlah rumah saja. Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air ini sering disebut Microhydro atau sering juga disebut Picohydro tergantung keluaran daya listrik yang dihasilkan.

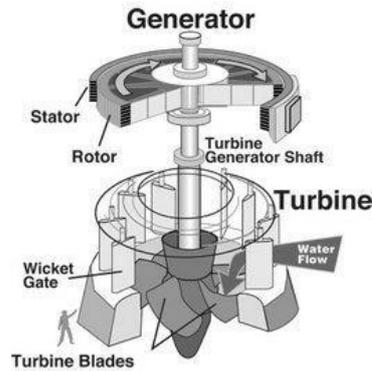
Microhydro ataupun Picohydro yang dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan head jatuh yang besar. Sedangkan untuk aliran sungai dengan head jatuh yang kecil belum termanfaatkan dengan optimal. Hal ini menjadi referensi untuk memanfaatkan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran vortex.

2.3 Defenisi Turbin Air

Turbin air yaitu suatu mesin yang dipergunakan untuk mengambil tenaga air untuk diubah menjadi tenaga listrik yang bisa dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari, jadi berfungsi untuk mengubah tenaga air menjadi tenaga mekanis, sedangkan tenaga mekanis ini diubah menjjadi tenaga listrik oleh generator.

Turbin adalah mesin penggerak dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar sudu turbin. Bagian turbin yng bergerak dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Secara umum, turbin adalah alat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap ataupun *stationary blade*, tidak ikut berputar bersama poros, dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros.

Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tak kompresibel, yaitu fluida yang secara virtual massa jenisnya tidak berubah dengan tekanan (Gibran dkk, 2017). Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Turbin kaplan/Air (Made Andi Kusumayana B dkk, 2021).

Turbin kaplan termasuk dalam kelompok turbin air reaksi jenis baling-baling (*propeller*). Keistimewahan dari turbin kaplan adalah sudut pasda sudu bisa diatur untuk sesuai pada dengan kondisi aliran air saat itu yaitu perubahan debit air.

Turbin Kaplan ini memiliki kecepatan spesifik yang tinggi, yang bekerja pada kondisi head rendah dengan debit yang besar. Adapun beberapa komponen utama dari turbin Kaplan, yaitu; sudu gerak (*runner blade*), sudu pengarah (*guide vane*), rumah turbin, pipa masukan (*penstock*) dan pipa buangan (*draft tube*). Gambar turbin Kaplan dapat dilihat pada gambar 2.1 diatas (Made Andi Kusumayana B dkk, 2021).

2.4 Jenis-Jenis Turbin

Terdapat beberapa jenis turbin yaitu;

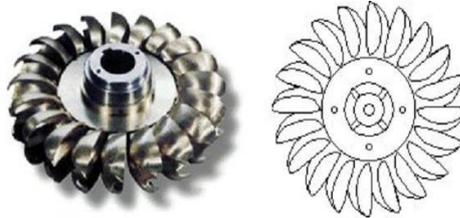
2.4.1 Turbin Implus

Pada turbin impuls energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air keluar nosel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu turbin arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekananya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Beberapa contoh dari turbin impuls turbin pelton dan turbin *crossflow*.

a. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih

alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Dapat dilihat contoh sudu turbin pelton pada gambar 2.2.



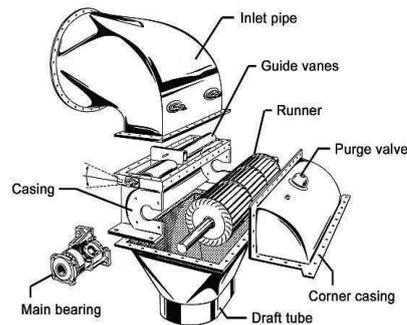
Gambar 2.2 Sudu Turbin Pelton (Gibran dkk, 2017).

b. Turbin *Crossflow* (Turbin Michell-Banki)

Pada turbin impuls pelton beroperasi pada head relatif tinggi, sehingga pada head yang rendah operasinya kurang efektif atau efisiensinya rendah. Karena alasan tersebut, turbin pelton jarang dipakai secara luas untuk pembangkit listrik skala kecil. Sebagai alternatif turbin jenis impuls yang dapat beroperasi pada head rendah adalah turbin crossflow atau turbin impuls aliran ossberger. Dapat dilihat pada gambar 2.3.

Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 litres/sec hingga 10 m³/sec dan head antara 1 s/d 200 m. Berikut dibawah ini komponen – komponen utama konstruksi turbin *crossflow*:

1. Rumah Turbin.
2. Alat Pengarah (distributor).
3. Roda Jalan.
4. Penutup.
5. Katup Udara.
6. Pipa Hisap.
7. Bagian Peralihan



Gambar 2.3 Turbin Crossflow (Gibran dkk, 2017).

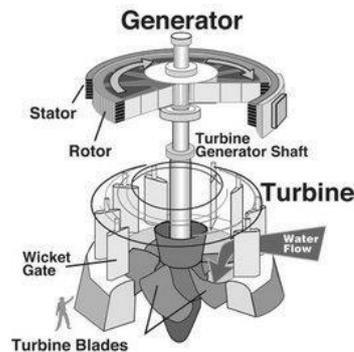
2.4.2 Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi, energi yang tersedia pada saluran masuk hanya sebageian saja yang dirubah menjadi energi kinetik sedangkan sisanya tetap dalam bentuk energi tekan. Ketika air mengalir melalui rod gerak/runner terjadi perubahan energi tekan menjadi energi kinetik secara berangsur-angsur. Tekanan pada sisi masuk roda gerak lebih tinggi dibandingkan tekanan pada sisi keluar roda gerak turbin, dimana tekanan tersebut bervariasi terhadap laju aliran fluida yang melalui turbin. Selanjutnya agar perubahan tekanan ini dapat terjadi, maka roda/runner dalam hal ini harus tertutup dari udara luar dan seluruhnya terisi air selama turbin beroperasi. Beberapa contoh dari turbin reaksi adalah turbin fancis, turbin kaplan, dan turbin *vortex*.

a. Turbin Kaplan

Tidak berbeda dengan turbin francis, turbin kaplan cara kerjanya menggunakan prinsip reaksi. Turbin ini mempunyai roda jalan yang mirip dengan baling-baling pesawat terbang. Bila baling-baling pesawat terbang berfungsi untuk menghasilkan gaya dorong, roda jalan pada kaplan berfungsi untuk mendapatkan gaya F yaitu gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin. Berbeda dengan roda jalan pada francis, sudu-sudu pada roda jalan kaplan dapat diputar posisinya untuk menyesuaikan kondisi beban turbin. Turbin kaplan banyak dipakai pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai, karena turbin ini mempunyai kelebihan dapat menyesuaikan head yang berubah- ubah sepanjang tahun. Turbin Kaplan dapat beroperasi pada kecepatan tinggi sehingga ukuran roda turbin lebih kecil dan dapat dikopel langsung dengan generator. Pada kondisi

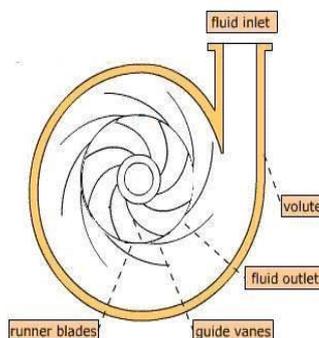
pada beban tidak penuh turbin kaplan mempunyai efisiensi paling tinggi, hal ini dikarenakan sudu-sudu turbin kaplan dapat diatur menyesuaikan dengan beban yang ada. Berikut dibawah ini komponen utama turbin kaplan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Turbin Kaplan dengan sudu jalan yang dapat diatur
(Gibran dkk, 2017).

b. Turbin Francis

Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat. Berikut dibawah ini contoh gambar Turbin Francis dapat dilihat pada gambar 2.5.

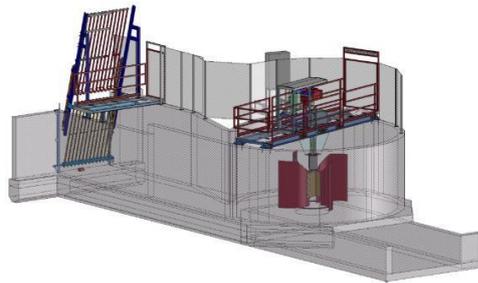


Gambar 2.5 Turbin Francis (Gibran dkk, 2017).

c. Turbin *Vortex* (Pusaran Air)

Turbin vortex merupakan turbin yang memanfaatkan pusaran air sebagai

media perantara energi terhadap sumbu vertikal sehingga terjadi perbedaan tekanan antara bagian sumbu dan sekelilingnya. Turbin air ini dioperasikan pada daerah yang memiliki head yang rendah dan memanfaatkan pusaran gravitasi air sehingga akan menimbulkan perbedaan tekanan air dengan bagian sumbu. Hal ini ditemukan oleh insinyur Austria Franz Zotloterer ketika mencoba untuk menemukan cara untuk menganginkan air tanpa sumber daya eksternal. Berikut dibawah ini contoh gambar turbin vortex dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Turbin Vortex (Gibran dkk, 2017).

2.5 Klasifikasi Turbin Air

Berdasarkan jenis turbin, maka turbin air diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Tekanan
2. Berdasarkan Tinggi Tekan
3. Berdasarkan Arah Aliran
4. Berdasarkan Debit
5. Berdasarkan Kecepatan Spesifik
6. Berdasarkan Efisiensi

Penjelasan mengenai klasifikasi turbin air adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan Tekanan

Turbin impuls atau turbin aksi disebut turbin tak bertekanan karena sudunya beroperasi pada tekanan atmosfer. Banyak turbin jenis impuls yang telah dibuat, namun yang paling banyak ditemukan pada saat sekarang adalah turbin Pelton dengan bentuk bucket yang terbelah tengah. Posisi poros dapat dibuat tegak (vertical) atau mendatar (horizontal). Sedangkan ciri utama turbin jenis rekasi adalah bahwa sebagian tekanan jatuh terjadi pada sudu tetap dan sebagian lagi pada sudu berputar. Persamaan kontinuitas dapat digunakan pada perhitungan

aliran melalui sudu berputar, karena seluruh fluida kerja memenuhi seluruh saluran sudu. Karena fluida masuk memenuhi seluruh seksi sudu, maka untuk daya dan putaran sama, diameter nominalnya relative lebih kecil dibandingkan dengan turbin impuls (Mulyono & Suwarti, 2015).

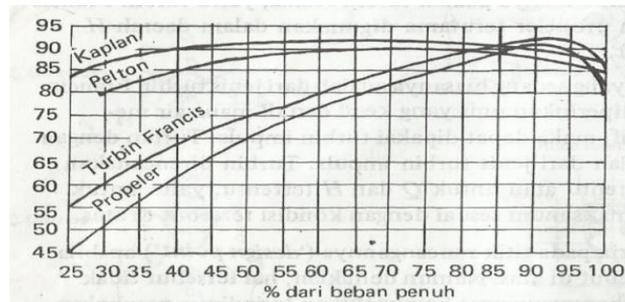
2. Berdasarkan Tinggi Tekan, Arah Aliran, Debit dan Kecepatan Spesifik

Tabel 2.1 Jenis Turbin Berdasarkan Klasifikasinya (Mulyono & Suwarti, 2015).

Jenis Turbin	Tinggi Tekanan (m)	Arah Aliran	Debit (m^3/s)	Kecepatan Spesifikasi (rpm)
Kaplan	2 – 50	Aksial	2 – 80	300 – 1100
Francis	10 – 350	Radial	0.2 – 20	60 – 400
Pelton	50 – 1300	Tangensial	0.02 – 7	4- 70

3. Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan efisiensinya, masing-masing turbin mempunyai karakteristiknya sendiri. Dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Grafik Turbin Berdasarkan Persen Beban Dan Efisiensinya (Mulyono & Suwarti, 2015).

2.6 Komponen Turbin Air

Terdapat beberapa komponen utama turbin air yaitu;

- a) Rotor, yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari
 - Sudu-sudu, berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh *nozzle*.
 - Poros, berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.

- Bantalan, berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

b) Stator, yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari ;

- Pipa pengarah / *nozzle* yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar.

- Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen turbin.

2.7 Fungsi Turbin

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Proses air jatuh dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah mendorong balingbaling dan membuat turbin berputar. Turbin air kebanyakan menyerupai seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air sebagai media untuk memutar Turbin. Putaran Turbin ini di hubungkan dengan generator, yang dimana nantinya generator tersebut dapat menghasilkan daya listrik.

2.8 Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan menggunakan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh *nozzle*. Putaran dari sudu-sudu tersebut akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik (Putra, 2018).

2.9 *Molding* (Cetakan)

Cetakan adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat cairan logam yang akan dibentuk oleh model. Pembuatan cetakan dalam proses pengecoran merupakan hal yang sangat penting dan harus sesuai dengan modelnya masing-masing. Menurut Suhardi (1987: 35), untuk jenis cetakan ditinjau dari bahan

cetakan yang dipakai dibagi menjadi dua yaitu cetakan pasir dan cetakan logam.

1. Cetakan Pasir

Pengecoran dengan cetakan pasir adalah proses pengecoran dengan menggunakan pasir sebagai bahan yang digunakan untuk membuat cetakan. Proses pengecoran ini merupakan suatu proses yang paling dikenal dan dipakai. Proses ini sendiri tidak lain adalah menuangkan logam cair ke rongga dari cetakan pasir, sehingga diperlukan bahan cetakan yang mampu menahan temperatur yang lebih tinggi dari temperatur logam yang dituangkan. Cetakan ini dibuat dengan jalan memadatkan pasir yang berupa pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung.

Klasifikasi cetakan pasir yaitu;

a. Cetakan pasir basah

Proses pembuatan cetakan pasir basah adalah dengan mencampur pasir dengan tanah liat dalam presentase yang diperlukan, namun kualitas yang superior biasanya dicapai ketika tanah liat berkualitas ditambahkan pada pasir kuarsa murni. Dengan 2% sampai dengan 3% air dan melalui pencampuran didapatkan campuran pasir yang sudah siap diubah dan dicetak. Kata “basah” dalam cetakan pasir basah berarti pasir cetak itu masih cukup mengandung air atau lembab ketika logam cair dituangkan ke cetakan itu.

b. Cetakan pasir kering

Cetakan pasir kering, dibuat dengan menggunakan bahan pengikat tanah liat, kemudian cetakan dikeringkan dalam sebuah oven atau dengan bantuan panas lain sehingga cetakan benar-benar kering. Pengeringan cetakan dalam oven dapat memperkuat cetakan dan mengeraskan permukaan rongga cetakan. Cetakan pasir kering menghasilkan benda-benda coran yang sangat bersih dan sedikit gas yang dihasilkan. Hal ini merupakan suatu metode yang lebih aman, terutama pada pengecoran dengan suhu yang lebih tinggi.

2. Cetakan Permanen atau Cetakan Logam

Pengecoran dalam cetakan logam dilaksanakan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan logam seperti pada cetakan pasir (Tata Surdia dan Kenji Chijiwa, 1976: 248), cair selama atau setelah penuangan. Bahan cetakan terutama dipakai besi cor, namun paduan baja paling banyak digunakan. Cara ini dapat

membuat coran yang mempunyai ketelitian dan kualitas yang tinggi. Akan tetapi, biaya pembuatan cetakan adalah tinggi sehingga apabila umur cetakan itu dibuat panjang, baru produksi yang ekonomis mungkin dilaksanakan.

Cetakan logam merupakan cetakan yang dapat memberikan hasil coran dengan ketelitian ukuran coran yang sangat baik kalau dibanding pengecoran dengan cetakan pasir dan memiliki permukaan coran yang halus, menghasilkan struktur yang rapat serta sifat mekanis dan sifat tahan tekanan yang sangat baik.

Secara metalurgi pengaruh pendinginan cetakan logam menghasilkan logam coran dengan butir-butir yang halus, sehingga memberikan kekuatan maksimum. Hal ini karena semakin cepat pendinginannya maka semakin halus butir kristal dendrite, sehingga semakin kuat baik kekerasan maupun kekuatan tariknya. Kekurangan dari cetakan logam adalah tidak sesuai dengan jumlah produksi yang kecil karena biaya produksi yang mahal, sukar untuk membuat coran yang berbentuk rumit, pembuatan cetakan logam sukar dan mahal, ukuran benda kerja terbatas, serta tidak dapat dipakai untuk pengecoran baja (Wulandari & Sholihin, 2020).

2.10 Komposit

Komposit adalah suatu system yang tersusun melalui pencampuran dua material atau lebih yang berbeda, dalam bentuk dan komposisi material yang tidak larut satu sama lain. Pada umumnya bahan komposit adalah bahan yang memiliki beberapa sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya. Dalam pengertian ini sudah tentu kombinasi tersebut tidak terbatas pada bahan matriknya.

Kata komposit berasal dari kata "*to compose*" yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana material komposit adalah material gabungan dari dua atau lebih material yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari beberapa material pada skala makroskopis untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat. Sifat maupun Karakteristik dari komposit ditentukan oleh;

a. Material yang menjadi penyusun komposit. Karakteristik komposit. ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun, menurut rule of mixture sehingga

hasilnya akan berbanding secara profesional.

b. Bentuk dan penyusunan structural dari komposit. Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

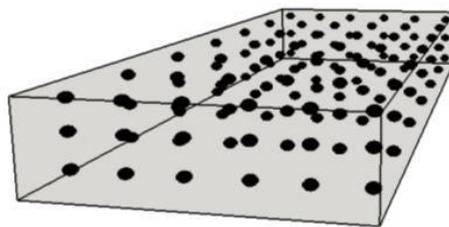
c. Interaksi antar penyusun. Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit itu (Fajri dkk, 2013).

2.11 Klasifikasi Komposit

Kebanyakan material komposit dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan dan memperbaiki sifat-sifat mekaniknya. Mekanisme penguatan komposit tergantung sekali pada geometri penguatnya, sehingga dalam mengklasifikasikan material komposit juga berbasis pada geometri penguatnya. Komposit diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu;

1. Komposit Partikel (*Particulate composite*)

Komposit yang tersusun atas matrik kontinyu dan penguat (*reinforced*) yang diskontinyu berbentuk partikel atau serat pendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan ketahanan patah namun matrik berpenguat partikel ini memiliki sifat ulet yang bagus untuk mengurangi beban patah mendadak, fungsi dari partikel-partikel ini adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastis, partikel-partikel tersebut bisa berupa logam maupun bukan logam. Dapat dilihat pada gambar 2.8.

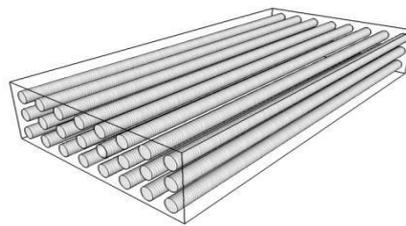


Gambar 2.8 Komposit partikel (*Particulate composite*). (Hanung Bayu Setiawan dkk, 2017).

2. Komposit Serat (*Fibrous composite*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon,

serataramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinu polimer atau logam, serat-serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Diameter serat biasanya antara 3 sampai 30 mikrometer. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Dapat dilihat pada gambar 2.9.

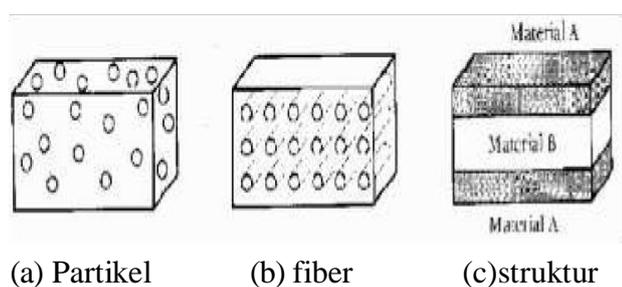


Gambar 2.9 Komposit serat (*Fibrous composite*). (Hanung Bayu Setiawan dkk, 2017).

3. Komposit Lapis (*Laminate composite*)

Komposit lapis atau komposit laminat ini terdiri dari beberapa lapisan komposit lapis berpenguat serat, berpenguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan material berbeda dimana lapisan tersebut saling terikat didalam satu matrik. (Hanung Bayu Setiawan dkk, 2017).

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada gambar 2.10 di bawah ini;



Gambar 2.10 Ilustrasi komposit berdasarkan penguatnya (Fajri dkk, 2013).

2.12 Serat

Serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati

ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material.

Dilihat dari jenisnya, serat dibagi menjadi dua yaitu serat alam (*nature fiber*) dan serat sintetik atau serat buatan.

a. Serat Alam (*nature fiber*)

Serat alam adalah serat yang berasal dari tumbuhan dan hewan berbentuk seperti benang. Untuk mendapatkan bentuk serat, diperlukan beberapa tahap pemrosesan bergantung dengan karakter bahan dasarnya. Jenis-jenis serat dari tumbuhan antara lain yang berbahan kapas, pelepah pisang, enceng gondong, rami, dan sebagainya. Sedangkan serat dari hewan misalnya wool, sutra dan bulu burung.

b. Serat buatan

Serat buatan terbentuk dari polimer-polimer yang berasal dari alam maupun polimer-polimer buatan yang dibuat dengan cara kepolimeran senyawa-senyawa kimia yang relatif sederhana. Semua proses pembuatan serat dilakukan dengan menyemprotkan polimer yang berbentuk cairan melalui lubang-lubang kecil (*spinneter*). Serat buatan (serat *termoplastik*) disebut juga *man-made fibres* terdiri dari *nylon, perlon, decron, teriline, trivera, terlenka, tetoron, prinsip, bellini, laceri, larici, orlon, cashmilon, silk, caterina* dan lain-lain.

Selain itu serat juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan dan sebagainya. Fungsi utama dari serat adalah:

- Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70% - 90 % beban dibawa oleh serat.
- Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat-sifat lain dalam komposit.
- Memberikan insulasi kelistrikan (*konduktivitas*) pada komposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan. (Fajri dkk, 2013).

2.12.1 Serat Batang Pisang

Dalam penelitian ini bahan penguat komposit yang digunakan adalah dari bahan batang pisang yang kemudian dibentuk menjadi serat yang dicampur dalam

matriks. Ukuran panjang serat batang pisang ini adalah 14-21 cm.

Tanaman pisang dengan nama latin *Musa paradisiaca* L adalah tumbuhan terna monokotil yang memiliki batang semu dan seperti pohon. Pohon ini memiliki daun yang lanset panjang dengan panjang hampir 40 cm (suyanti dan Satuhu,1992). Pohon pisang diperoleh didarah Gempol, Pasuruan di sebuah perkebunan pisang.

Tabel 2.2 Spesifikasi mekanik pohon pisang kepok (Rizki, 2021).

Panjang serat	309,2 mm-409,2 mm
Lignin	5%
Massa jenis	1,35 gr/cm ³
Diameter serat	Hingga 5,8 µm
Kekuatan tarik	600 Mpa
Selulosa	Sampai 64 %
Modulus	17 Gpa

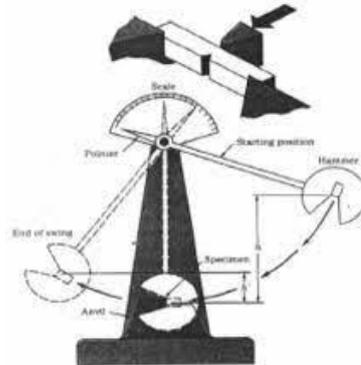
2.13 Metode Uji *Impact Charpy*

Impact adalah merupakan salah satu metode yang digunakan, kekerasan, serta keuletan material. Ketangguhan *impact* merupakan ketahanan bahan terhadap beban kejut, inilah yang membedakan pengujian *impact* dan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Prancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal selama perang dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang didalam pembangunan kapal, mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji *impact charpy* adalah secara tiba-tiba terhadap benda yang akan di uji statik.

Dimana benda uji dibuat takikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ASTM E23 05 dan hasil pengujian pada benda uji tersebut akan terjadi perubahan bentuk seperti bengkokan atau patahan sesuai dengan pembebanan secara tiba-tiba Terhadap benda uji yang akan diuji secara statik, dimana pada benda uji dibuat terlebih dahulu sesuai dengan ukuran standar yaitu 10 x10 x 55 mm (tinggi x lebar x panjang). posisi takik berada ditengah , kedalaman takik 2 mm dari permukaan

benda uji dan sudut 45° bentuk takik berupa U,V, *key hole* (seperti lubang kunci) ukuran standart ASTM E23 05.



Gambar 2.11 Alat Uji *Impact Charpy* (Fhandymas Abdullah Rasyid Nasution, 2021).

1. Spesifikasi Uji *Impact Charpy*

Energi yang diserap oleh benda uji sehingga benda uji tersebut mengalami patah. Sesuai dengan metode pengujian *impact charpy* maka besarnya energi *impact* dapat dituliskan sebagai berikut;

$$E = W.g.L. (\cos X_o - \cos X_t)$$

Dimana;

E = Energi yang diserap (joule)

W= Berat Bandulan

g = Gaya Gravitasi

L= Panjang lengan bandul (m)

X_o = Sudut Awal Lengan Bandul

X_t = Sudut Akhir Lengan Bandul

Sedangkan

$$E=P (X_o - X_t)$$

Dimana;

P = Beban yang diberikan (joule)

X_o = Ketinggian awal bandul (mm)

X₁ = Ketinggian akhir setelah terjadi perpatahan benda uji (mm)

2. Metode Pengujian *Impact*

Secara umum benda uji *impact* dikelompokkan ke dalam dua golongan sample standar yaitu: batang uji charpy banyak digunakan di Amerika Serikat dan batang uji Izzod yang lazim digunakan di Inggris dan Eropa.

Ada pun kelebihan dan kekurangan dari metode *impact charpy* adalah :

a. Kelebihan :

- Hasil pengujian lebih akurat
- Pengujannya lebih mudah dipahami dan dilakukan
- Menghasilkan tegangan uniform di sepanjang penampang
- Harga alat lebih murah
- Waktu pengujian lebih singkat

b. Kekurangan;

- Hanya dapat dipasang pada posisi horizontal
- Spesimen dapat bergeser dari tumpuannya karena tidak dicekam
- Pengujian hanya dapat dilakukan pada spesimen yang kecil
- Hasil pengujian kurang dapat atau tepat dimanfaatkan dalam perancangan karena level tegangan yang diberikan tidak rata.

3. Perpatahan *Impact*

Secara umum sebagai mana analisis perpatahan pada benda hasil uji *impact* maka perpatahan *impact* digolongkan menjadi tiga jenis yaitu :

a. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yaitu melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan perpatahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya yang tinggi (mengkilat).

b. Perpatahan granular/kristalin, yaitu dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

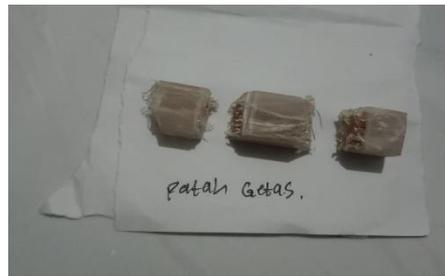
c. Perpatahan campuran (berserat dan *granular*), merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

4. Patah Getas dan Patah Ulet

Secara umum perpatahan dapat digolongkan menjadi dua golongan umum yaitu :

a. Patah Getas

Merupakan fenomena patah pada material yang diawali terjadinya retakan secara cepat dibandingkan pada patah ulet tanpa deformasi plasti terlebih dahulu dan dalam waktu yang singkat. Dalam kehidupan nyata, peristiwa patah getas dinilai lebih berbahaya dari pada patah ulet, karena terjadinya tanpa disadari begitu saja. Biasanya patah getas terjadi pada material berstruktur martensit, atau material yang memiliki komposisi karbon yang sangat tinggi sehingga sangat kuat namun rapuh. Untuk melihat contoh perpatahan getas dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah



Gambar 2.12 Patah Getas

b. Patah Ulet

Patah ulet merupakan patah yang diakibatkan oleh beban statis yang diberikan pada material, jika beban dihilangkan maka penjaralan retakan berhenti. Patah ulet ini ditandai dengan penyerapan energi disertai adanya deformasi plastis yang cukup besar di sekitar patahan, sehingga permukaan patahan nampak kasar, berserabut (*fibrous*), dan berwarna kelabu. Selain itu komposisi material juga mempengaruhi jenis patahan yang dihasilkan, jadi bukan karena pengaruh beban saja. Biasanya patah ulet terjadi pada material berstruktur bainit yang merupakan baja dengan kandungan karbon rendah. Untuk melihat contoh perpatahan ulet dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah.



Gambar 2.13 Patah Ulet

5. Bentuk Takikan

Bentuk takikan amat sangat pengaruh pada ketangguhan suatu material, karena adanya perbedaan distribusi dan konsentrasi tegangan pada masing-masing takikan tersebut yang mengakibatkan energi impak yang dimiliki berbeda-beda pula. Ada beberapa jenis takikan berdasarkan kategori masing-masing. Berikut ini adalah urutan energi *impact* yang dimiliki oleh suatu bahan berdasarkan bentuk takikannya. Takikan dibagi menjadi beberapa macam antara lain adalah sebagai berikut:

a. Takikan Segitiga

Memiliki energi *impact* yang paling kecil, sehingga paling mudah patah. Hal ini disebabkan karena distribusi tegangan hanya konsentrasi pada satu titik saja, yaitu padaujung takikan.

b. Takikan Segi Empat

Memiliki energi yang lebih besar pada takikan segitiga karena tegangan terdistribusi pada dua titik pada sudutnya.

c. Takikan segi Lingkaran

Memiliki energi impak yang terbesar karena distribusi tegangan tersebut pada setiap sisinya, sehingga tidak mudah patah (Fhandymas Abdullah Rasyid Nasution, 2021).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro. Dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).

3.1.2 Waktu

Adapun waktu penelitian ini adalah ;

Dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 29 Desember 2021 hingga selesai.

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Kegiatan

No.	Kegiatan Penelitian	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pengajuan Judul						
2.	Studi Literatur						
3.	Persiapan Alat dan Bahan						
4.	Pembuatan Spesimen						
5.	Pengujian Spesimen						
6.	Analisa Data dan Evaluasi Pengujian						
7.	Penyelesaian Tugas Akhir						

3.2 Alat Dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pembuatan cetakan sudu dan sudu-sudu turbin kaplan serta pengujian adalah:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital yang akan digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan dalam pembuatan sudu-sudu turbin kaplan komposit dan spesimen uji

dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Timbangan Digital

2. Gelas Ukur

Gelas ukur yang akan digunakan untuk mengukur volume antara resin dengan katalis pada serat batang pisang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Gelas ukur

3. Jangka Sorong

Jangka sorong (*sigmat*) yang akan digunakan untuk mengukur cetakan sudu-sudu dan spesimen uji terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Jangka sorong

4. Skrap

Skrap yang akan digunakan sebagai alat untuk membersihkan sisa adonan yang melekat pada cetakan setelah selesai pembuatan sudu-sudu turbin kaplan dan spesimen uji *impact* serta membersihkan sisa tinta filament 3d printing yg melekat di dudukan/meja 3d printing dapat terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Skrap

5. Sarung Tangan Karet

Sarung tangan karet digunakan untuk melindungi tangan pada saat penuangan mencampurkan resin dan katalis dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Sarung Tangan Karet

6. Kuas

Kuas yang akan digunakan untuk mengoleskan *mirror glaze* pada permukaan cetakan dan membersihkan cetakan sebelum dan sesudah pencetakan. Selain itu juga berguna untuk mengoleskan resin dan katalis pada saat mencetak spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kuas

7. Cetakan Spesimen Uji *Impact*

Cetakan yang akan digunakan sebagai pencetak spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Cetakan spesimen uji impact adapun jenis besi yang digunakan untuk cetakan spesimen uji *impact* ini adalah *mild steel*.

8. Alat Uji *Impact*

Alat uji *impact* berfungsi untuk menguji spesimen dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Alat Uji *Impact*

9. Mesin 3d Printing

Mesin 3d Printing adalah sebuah mesin pencetak yang mencetak objek secara 3 dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Sebuah model 3d dibangun lapis demi lapis yang proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari file digital. Penciptaan objek 3d dicetak dengan menggunakan proses aditif yang dalam prosesnya suatu objek dibuat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari bahan sampai seluruh objek terbuat dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Mesin 3d Printing

10. Obeng

Obeng berfungsi untuk membuka baut dari spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Obeng

11. kikir

Kikir berfungsi untuk menghaluskan permukaan dan membuat sudut takik pada uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Kikir

12. Syringe (Jarum Suntik)

Suntik yang digunakan berfungsi untuk mengukur percampuran katalis dengan resin dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Syringe (Jarum Suntik)

13. Tisu

Tisu yang digunakan berfungsi untuk menggelap/membersihkan sisa-sisa bahan penelitian yang berserakan dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Tisu

14. Gunting dan Pisau

Gunting dan pisau yg digunakan berfungsi untuk memotong serat yang panjang dan membuat lingkaran pada kardus dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 Gunting dan Pisau

15. Ampas/Kertas Pasir

Ampas/Kertas Pasir yang digunakan berfungsi untuk menghaluskan dan meratakan suatu objek permukaan dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Ampas/Kertas Pasir

16. Sumpit

Sumpit yang digunakan berfungsi untuk pengaduk antara resin dan katalis serta mempererat cetakan sudu-sudu turbin kaplan dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Sumpit

17. Ragum

Ragum yang digunakan berfungsi untuk menjepit spesimen uji *impact* agar memberikan hasil kerja yang maksimal pada saat menghaluskan dan membuat bagian sudut di spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Ragum

18. Penggaris

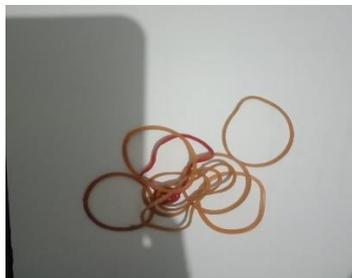
Penggaris yang digunakan berfungsi untuk membantu pengukuran termasuk spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Penggaris

19. Karet

Karet yang digunakan berfungsi untuk membantu *molding* memperkuat ketika ingin membuat sudu-sudu turbin dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 Karet

20. Kardus

Kardus yang digunakan berfungsi untuk membuat cetakan bentuk lingkaran pada saat pembuatan *molding*/cetakan dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Kardus

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Minihidro adalah sebagai berikut:

1. Serat Batang Pisang

Serat Batang Pisang Sebagai serat utama pembuatan sudu-sudu turbin kaplan komposit dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Serat Batang Pisang

2. Resin

Resin yang akan digunakan berfungsi untuk perekat suatu material pembuatan komposit dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Resin

3. Katalis

Katalis yang akan digunakan berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan dalam pembuatan komposit dapat dilihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 Katalis

4. *Mirror glaze (wax)*

Mirror wax (wax) yang digunakan sebagai pelapis cetakan agar materil komposit yang sudah jadi akan mudah untuk dilepaskan dari cetakan dapat dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3.24 *Mirror glaze (wax)*

5. Silicone Rubber dan Hardener

Silicone rubber dan hardener berfungsi untuk membuat cetakan dapat dilihat pada gambar 3.25.



Gambar 3.25 Silicone Rubber dan Hardener

6. Lem Kayu

Lem kayu yang digunakan berfungsi untuk mengantisipasi tidak lengketnya spesimen cetak di 3d printing dapat dilihat pada gambar 3.26.



Gambar 3.26 Lem Kayu

7. Tinta Filament 3d Printing

Tinta Filament 3d Printing ialah silinder panjang berdiameter tertentu yang dibuat dari berbagai jenis polymer (*fancy way of saying plastics*) dapat dilihat pada gambar 3.27.



Gambar 3.27 Tinta Filament 3d Printing

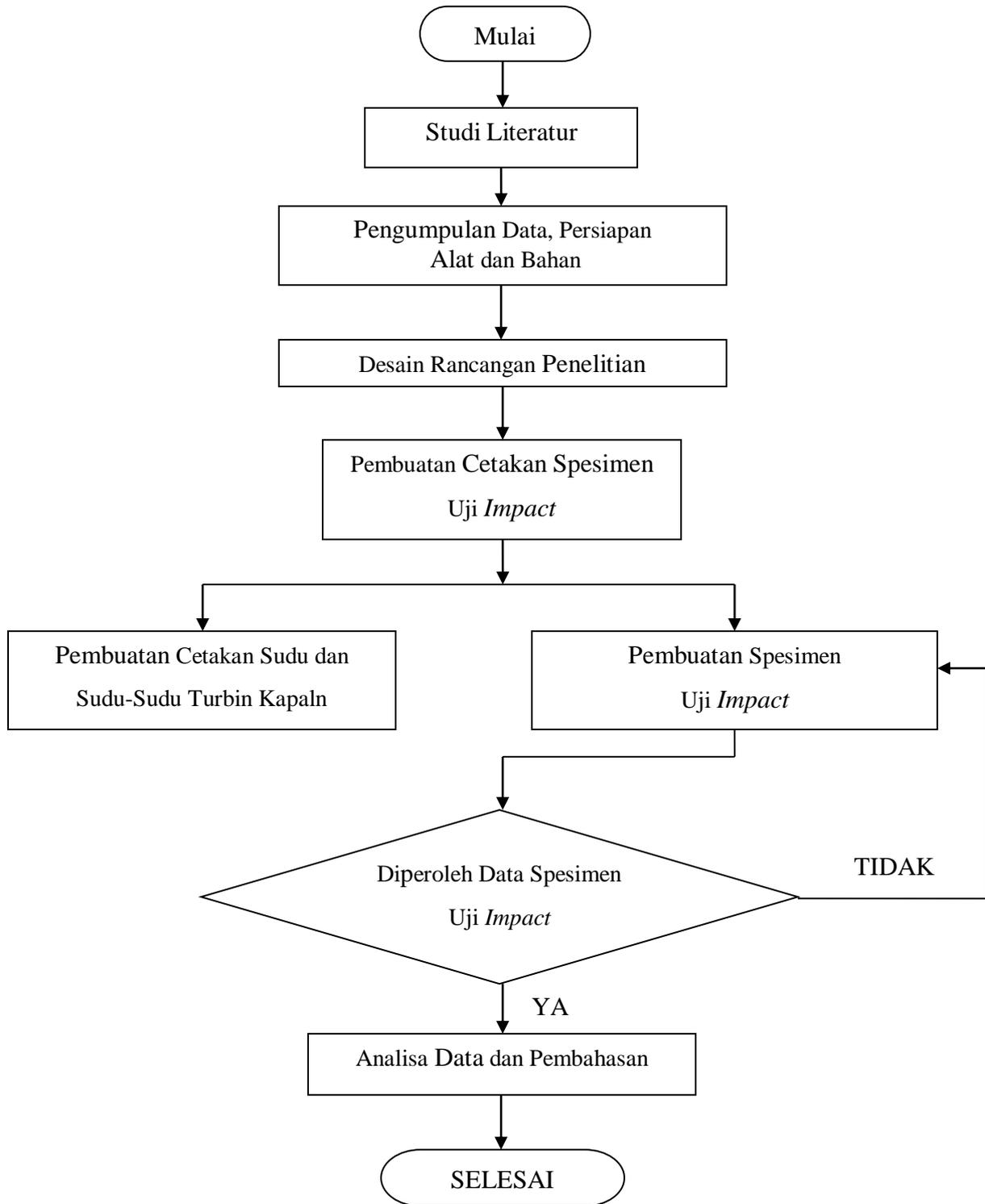
8. Lilin

Lilin yang digunakan berfungsi untuk menutupi/menyumbat bagian yang bolong/bocor di cetakan spesimen uji impact dapat dilihat pada gambar 3.28.



Gambar 3.28 Lilin

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.29 Bagan Alir Penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.30 Rancangan Alat Penelitian

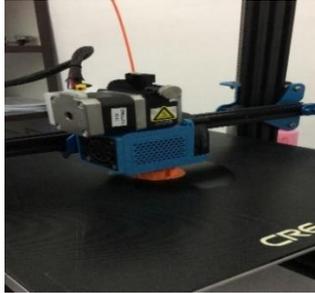
1. Siapkan spesimen uji *impact* yang telah dibuat menggunakan komposisi yg ditetapkan.
2. Mengangkat keatas bagian lengan dan bandulannya lalu menguncinya di tuas pengunci.
3. Meletakkan spesimen uji *impact* yang mau diuji pada dudukan spesimen uji *impact*.
4. Mengatur jarum indikator sudut akhir lengan bandul ke nol.
5. Melepaskan tuas pengunci secara tiba-tiba hingga lengan bandulan turun sampai mengenai spesimen uji *impact*.
6. Tekan tuas pedal rem agar lengan bandulan berhenti.
7. Melihat jarum indikator sudut akhir lengan bandulan untuk melihat sudut akhirnya.

3.5 Prosedur Penelitian

a. Prosedur Pembuatan *Molding* Sudu-Sudu Turbin Kaplan

Adapun prosedur dalam Pembuatan *Molding* Sudu-Sudu turbin kaplan adalah sebagai berikut;

1. Dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Menyetak gambar sudu-sudu di 3d printing dapat dilihat pada gambar 3.31.



Gambar 3.31 Penyetakan Sudu-Sudu Turbin di 3d Printing

3. Membersihkan sisa-sisa tinta filament yg masih menempel di tiap bagian sudu-sudu turbin kaplan dengan amplas dapat dilihat pada gambar 3.32.



Gambar 3.32 Membersihkan Sisa-Sisa Filament

4. Membuat lingkaran sesuai ukuran dan volume di kardus dapat dilihat pada gambar 3.33.



Gambar 3.33 Membuat Lingkaran di Kardus

5. Mengoleskan *mirror glaze* ke sudu-sudu turbin kaplan beserta dengan porosnya dapat dilihat pada gambar 3.34.



Gambar 3.34 Mengoleskan *Mirror Glaze* ke Sudu dan Poros Turbin Kaplan

6. Menimbang silicone rubber dengan hardener serta mencampurkannya ke wadah yg telah disediakan dapat dilihat pada gambar 3.35.



Gambar 3.35 Menimbang Silicone Rubber dan Hardener

7. Mengaduk silicone rubber dan hardener hingga tercampur merata dapat dilihat pada gambar 3.36.



Gambar 3.36 Mengaduk Silicone Rubber dan Hardener

8. Memasukkan silicone rubber dan hardener kedalam cetakan kardus yang sudah dibuat ukuran dan volumenya dapat dilihat pada gambar 3.37.



Gambar 3.37 Memasukkan Silicone Rubber dan Hardener Kedalam Cetakan Kardus

9. Memasukkan sudu-sudu turbin kaplan kedalam kardus yang berisikan silicone rubber dapat dilihat pada gambar 3.38.



Gambar 3.38 Memasukkan Sudu-Sudu Turbin Kaplan Kedalam Kardus

10. Kemudian tuangkan kembali sisa campuran silicone rubber kedalam cetakan kardus hingga menutupi keseluruhan permukaan sudu-sudu turbin kaplan dapat dilihat pada gambar 3.39.



Gambar 3.39 Menuangkan Sisa Campuran Silicone Rubber dan Hardener Kedalam Cetakan Kardus

11. Diamkan sampai silicone rubber mengering dengan sendirinya 30 menit-1 jam.
12. Melepas kardus dan mencabut sudu-sudu turbin kaplan beserta porosnya dari silicone rubber.
13. Hasil Setelah Pembuatan *molding* sudu-sudu turbin kaplan dapat dilihat pada gambar 3.40.



Gambar 3.40 Hasil Pembuatan *Molding* Sudu-Sudu Turbin Kaplan

b. Prosedur Pembuatan Sudu-Sudu Turbin Kaplan

Adapun prosedur dalam Pembuatan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Minihidro adalah sebagai berikut;

1. Dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Menimbang serat batang pisang dapat dilihat pada gambar 3.41.



Gambar 3.41 Menimbang Serat

3. Memasukkan serat batang pisang ke dalam cetakan/*molding* dapat dilihat pada gambar 3.42.



Gambar 3.42 Memasukkan Serat Batang Pisang Keceratan

4. Menutup bagian atas cetakan/*molding* agar terbentuk seutuhnya sudu-sudu turbin kaplan dan memberinya karet agar cetakan/*molding* tetap kokoh dapat dilihat pada gambar 3.43.



Gambar 3.43 Menutup Bagian Atas *Molding* dan Memberinya Karet

5. Mencampurkan antara resin dengan katalis secukupnya dapat dilihat pada gambar 3.44.



Gambar 3.44 Mencampurkan Resin dan Katalis

6. Mengaduk resin dan katalis hingga merata dapat dilihat pada gambar 3.45.



Gambar 3.45 Mengaduk Resin dan Katalis

7. Memasukkan resin dan katalis ke cetakan/*molding* yg berisi serat batang pisang dapat dilihat pada gambar 3.46.



Gambar 3.46 Memasukkan Resin dan Katalis Kecetakan

8. Diamkan hingga semua bahan tercampur dengan sendirinya hingga mengering 2-3 jam.
9. Membuka semua bagian yang ada di cetakan dapat dilihat pada gambar 3.47.



Gambar 3.47 Membuka Tiap Bagian Yang Ada Dicitakan

10. Meratakan sudu-sudu turbin kaplan menggunakan amplas dapat dilihat pada gambar 3.48.



Gambar 3.48 Mengamplas Sudu-Sudu Turbin Kaplan

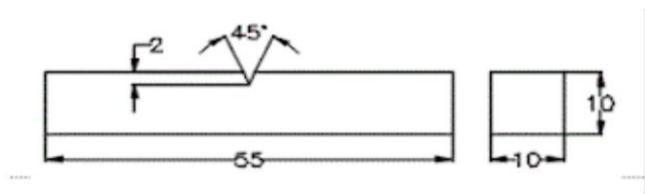
11. Hasil Pembuatan sudu-sudu turbin kaplan dapat dilihat pada gambar 3.49.



Gambar 3.49 Hasil Pembuatan Sudu-Sudu Turbin Kaplan

3.6 Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji *Impact*

Pembuatan spesimen komposit uji *impact* mengacu pada standart ASTM E23 05 terlihat pada gambar 3.50.



Gambar 3.50 Spesimen Uji *Impact* (dalam satuan mm)

3.6.1 Prosedur pembuatan spesimen uji *impact*

Adapun prosedur dalam Pembuatan uji *impact* dengan material serat batang pisang adalah sebagai berikut;

1. Menimbang serat batang pisang yang sudah dipotong sesuai komposisi yang dibutuhkan menggunakan timbangan digital dapat dilihat pada gambar 3.51.



Gambar 3.51 Menimbang Serat Batang Pisang

2. Melapisi cetakan spesimen dengan *mirror glaze* agar komposit yang dihasilkan tidak lengket dan mudah dilepaskan dari cetakan dapat dilihat pada gambar 3.52.



Gambar 3.52 Melapisi Cetakan Spesimen Dengan *Mirror Glaze*

3. Mengukur volume resin dan katalis sesuai komposisi yang dibutuhkan dapat dilihat pada gambar 3.53.



Gambar 3.53 Mengukur Volume Resin dan Katalis

4. Mencampurkan antara resin dengan katalis secukupnya dapat dilihat pada gambar 3.54.



Gambar 3.54 Mencampurkan Resin dan Katalis

5. Mengaduk antara resin dengan katalis hingga merata dapat dilihat pada gambar 3.55.



Gambar 3.55 Mengaduk Antara Resin dan Katalis

6. Kemudian tuangkan lapisan pertama resin dan katalis yang sudah di aduk kedalam cetakan spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.56.



Gambar 3.56 Penuangan Lapisan Pertama Antara Resin dan Katalis

7. Masukkan serat batang pisang yang sudah ditimbang dan dipotong-potong kedalam cetakan spesimen uji *impact* hingga menutupi lapisan pertama resin dan katalis dapat dilihat pada gambar 3.57.



Gambar 3.57 Memasukkan Serat Batang Pisang Kecetakan *Uji Impact*

8. Kemudian tuangkan kembali sisa campuran resin dan katalis kedalam cetakan hingga menutupi keseluruhan serat batang pisang dapat dilihat pada gambar 3.58.



Gambar 3.58 Menuangkan Kembali Sisa Campuran Resin dan Katalis Kedalam Cetakan Uji *Impact*

9. Lalu membiarkan spesimen mengering beberapa jam, kemudian spesimen mengering baru cetakan dibuka.
10. Pengeringan spesimen uji *impact* sampai benar-benar mengeras.
11. Membuka baut pengunci disetiap sisi cetakan spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.59.



Gambar 3.59 Membuka Baut Pengunci Dicetakan Spesimen Uji *Impact*

12. Mengulangi langkah – langkah diatas sesuai komposisi spesimen uji *impact*.
13. Menjepit spesimen uji *impact* ke ragum untuk proses meratakan seluruh bagian spesimen dan membuat sudut takik pada spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.60 dan gambar 3.61.



Gambar 3.60 Meratakan Spesimen Uji *Impact*



Gambar 3.61 Membuat Sudut Takik Pada Spesimen Uji *Impact*

14. Hasil dari pembuatan spesimen uji *impact* dapat dilihat pada gambar 3.62.



Gambar 3.62 Hasil Spesimen Uji *Impact*

3.6.2 Perosedur pengujian spesimen Uji *Impact*

Pengujian spesimen uji *impact* dari material komposit berpenguat serat batang pisang, pengujian ini dilakukan dilaboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1. Mempersiapkan alat uji *impact* dan kelengkapannya seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.63.



Gambar 3.63 Alat Uji *Impact* dan Kelengkapannya

1. Mempersiapkan spesimen uji *Impact* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.64.



Gambar 3.64 Spesimen Uji *Impact*

2. Meletakkan spesimen pada dudukan benda uji yang ada pada alat uji *impact* seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.65.



Gambar 3.65 Meletakkan Spesimen

3. Melakukan pengujian *impact* terhadap spesimen komposit menggunakan alat uji *impact* seperti yang terlihat pada gambar 3.66.



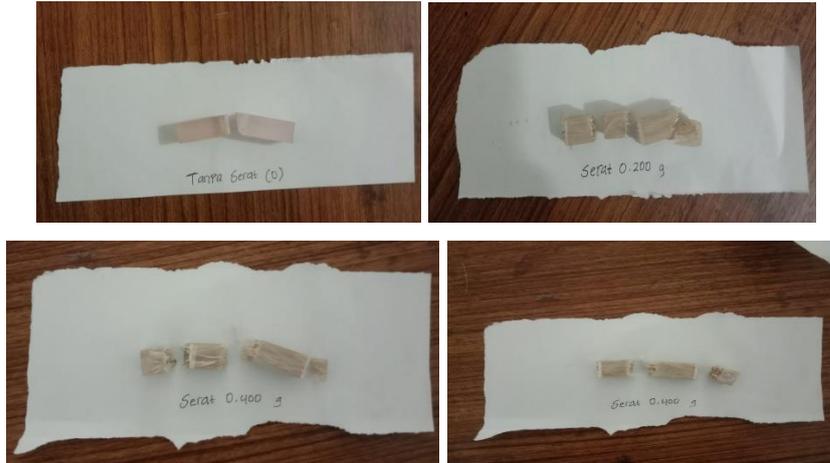
Gambar 3.66 Proses Pengujian Spesimen *Impact*

4. Melihat sudut akhir yang terbaca pada skala alat uji *impact*, tetapi bandul harus di rem tepat waktu dapat dilihat pada gambar 3.67.



Gambar 3.67 Melihat Sudut Akhir Pada Indikator Alat Uji *Impact*

5. Hasil spesimen uji *impact* setelah diuji dapat dilihat pada gambar 3.68.



Gambar 3.68 Bentuk Spesimen Setelah Pengujian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan

Adapun hasil dari Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Hasil *Molding* Sudu-Sudu Turbin Kaplan



Gambar 4.2 Hasil Sudu-Sudu Turbin Kaplan

4.2 Hasil Pengujian *Impact*

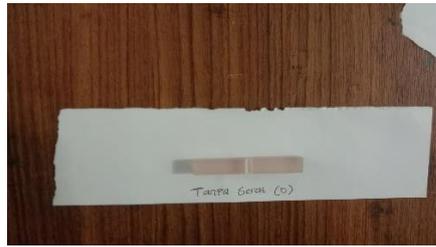
Dalam penelitian ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang di peroleh. Data yang akan ditampilkan meliputi data hasil pengujian spesimen yang akan diuji menggunakan alat uji *impact* dan terdiri dari 4 spesimen dengan perbandingan jumlah dan berat serat, resin dan katalis yang berbeda serta memiliki energi yang diserap oleh benda berbeda pula, dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Hasil Pengujian Uji *Impact* Spesimen 100 %

Hasil pada gambar 4.3 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 1 dengan menggunakan berat total spesimen 7 gr dari gambar 4.3 didapatkan hasil berupa sudut awal lengan bandul (X_o) = 130° dan sudut akhir lengan bandul (X_t)

= 123° dapat dirumuskan sebagai berikut;

a). Spesimen Sebelum Diuji



b). Spesimen Setelah Diuji



Gambar 4.3 Spesimen 100 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji

Dik : Berat bandul (W) : 58,86 kg
Panjang lengan bandul (L) : 60 cm = 0,6 m
Gaya Gravitasi (g) : 9,81 m/s²
Sudut awal lengan bandul (X_o) : $130^\circ = \text{Cos } 130^\circ = -0,6427876097$
Sudut akhir lengan bandul (X_t) : $123^\circ = \text{Cos } 123^\circ = -0,544639035$

Dit : Energi yang di serap (E).....?

Penyelesain;

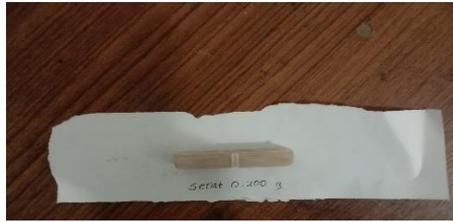
$$\begin{aligned} E &= W \cdot g \cdot L (\cos X_o - \cos X_t) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (\cos 130^\circ - \cos 123^\circ) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (- 0,642787609) - (- 0,544639035) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (-0,098148574) \\ &= 34,00356978 \text{ Joule} \end{aligned}$$

2. Hasil Pengujian Uji *Impact* Spesimen 99,8 % : 0,200 %

Hasil pada gambar 4.4 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 2 dengan menggunakan berat total spesimen 7 gr dari gambar 4.4 didapatkan hasil berupa sudut awal lengan bandul (X_o) = 130° dan sudut akhir lengan bandul (X_t)

= 121° dapat dirumuskan sebagai berikut;

a). Spesimen Sebelum Diuji



b). Spesimen Setelah Diuji



Gambar 4.4 Spesimen 99,8 % : 0,200 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji

Dik : Berat bandul (W) : 58,86 kg
Panjang lengan bandul (L) : 60 cm = 0,6 m
Gaya Gravitasi (g) : 9,81 m/s²
Sudut awal lengan bandul (X_o) : 130° = Cos 130° = -0,6427876097
Sudut akhir lengan bandul (X_t) : 121° = Cos 121° = -0,5150380749

Dit : Energi yang di serap (E).....?

Penyelesain;

$$\begin{aligned} E &= W \cdot g \cdot L (\cos X_o - \cos X_t) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (\cos 130^\circ - \cos 121^\circ) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (-0,6427876097) - (-0,5150380749) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (-0,1277495348) \\ &= 44,25882122 \text{ Joule} \end{aligned}$$

3. Hasil Pengujian Uji *Impact* Spesimen 99,6 % : 0,400 %

Hasil pada gambar 4.5 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 3 dengan menggunakan berat total spesimen 7 gr dari gambar 4.5 didapatkan hasil berupa sudut awal lengan bandul (X_o) = 130° dan sudut akhir lengan bandul (X_t) = 120° dapat dirumuskan sebagai berikut;

a). Spesimen Sebelum Diuji



b). Spesimen Setelah Diuji



Gambar 4.5 Spesimen 99,6 % : 0,400 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji

Dik : Berat bandul (W) : 58,86 kg
Panjang lengan bandul (L) : 60 cm = 0,6 m
Gaya Gravitasi (g) : 9,81 m/s²
Sudut awal lengan bandul (X_o) : 130° = Cos 130° = -0,6427876097
Sudut akhir lengan bandul (X_t) : 120° = Cos 120° = -0,5

Dit : Energi yang di serap (E).....?

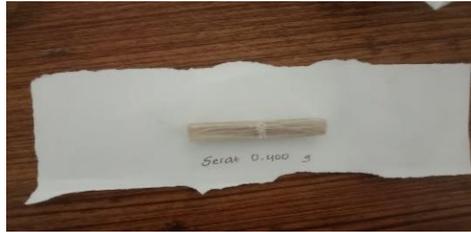
Penyelesain;

$$\begin{aligned} E &= W \cdot g \cdot L (\cos X_o - \cos X_t) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (\cos 130^\circ - \cos 120^\circ) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (-0,6427876097) - (-0,5) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (-0,1427876097) \\ &= 49,46876167 \text{ Joule} \end{aligned}$$

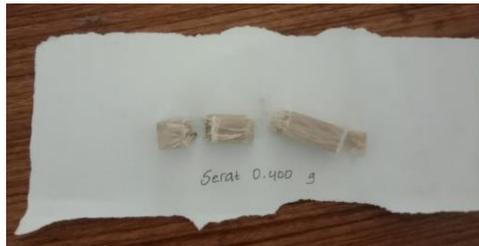
4. Hasil Pengujian Uji *Impact* Spesimen 99,6 % : 0,400 %

Hasil pada gambar 4.6 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 4 dengan menggunakan berat total spesimen 7 gr dari gambar 4.6 didapatkan hasil berupa sudut awal lengan bandul (X_o) = 130° dan sudut akhir lengan bandul (X_t) = 119° dapat dirumuskan sebagai berikut;

a). Spesimen Sebelum Diuji



b). Spesimen Setelah Diuji



Gambar 4.6 Spesimen 99,6 % : 0,400 % (a) Sebelum Diuji dan (b) Setelah Diuji

Dik : Berat bandul (W) : 58,86 kg
Panjang lengan bandul (L) : 60 cm = 0,6 m
Gaya Gravitasi (g) : 9,81 m/s²
Sudut awal lengan bandul (X_o) : 130° = Cos 130° = -0,6427876097
Sudut akhir lengan bandul (X_t) : 119° = Cos 119° = -0,4848096202

Dit : Energi yang di serap (E).....?

Penyelesain;

$$\begin{aligned} E &= W \cdot g \cdot L (\cos X_o - \cos X_t) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (\cos 130^\circ - \cos 119^\circ) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (-0,6427876097) - (-0,4848096202) \\ &= 58,86 \cdot 9,81 \cdot 0,6 (0,1579779895) \\ &= 54,73146814 \text{ Joule} \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

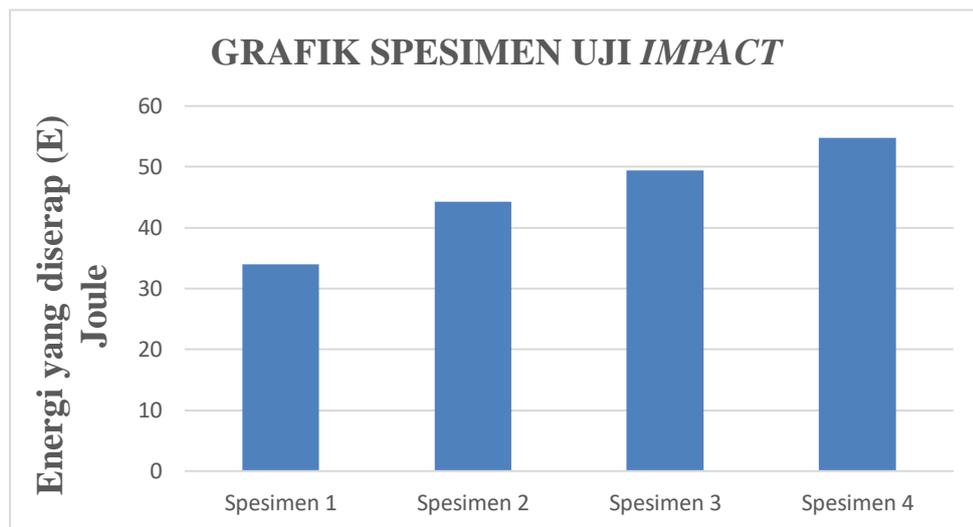
Komposisi material yang dikembangkan pada penelitian ini yaitu komposisi diperkuat serat batang pisang serta menggunakan resin dan katalis sebagai matriks dari serat batang pisang sebagai bahan penguat. Penelitian ini membuat beberapa

komposisi spesimen uji *impact*. Adapun berat bersih rata-rata komposisi spesimen uji *impact* yang didapat dalam penelitian ini yaitu 7 gram dan memiliki energi yang diserap berbeda-beda disetiap spesimennya. Tabel 4.1 menunjukkan komposisi material komposit berpenguat serat batang pisang.

Tabel 4.1 Komposisi Material Komposit Berpenguat Serat Batang Pisang

Komposisi Spesimen Uji <i>Impact</i>			
Spesimen	Serat Batang Pisang	Resin	Katalis
1	0	6,9 gram	0,10 gram
2	0,200 gram	6,8 gram	0,10 gram
3	0,400 gram	6,6 gram	0,10 gram
4	0,400 gram	6,6 gram	0,10 gram

Hasil pengujian kekuatan uji *impact* spesimen dengan fraksi berat rata-rata 7 gram menggunakan alat uji *impact* mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2, 3 dan 4. Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan uji *impact* yang berbeda dimasing-masing spesimen.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian *Impact*

Berdasarkan data hasil pengujian *impact* pada gambar 4.7 dapat diketahui nilai rata-rata uji *impact* dari campuran komposit serat batang pisang, resin, dan

katalis yang telah diperoleh merupakan data dari;

- a. Spesimen 1 dengan campuran resin 6,9 gram, kemudian katalis 0,10 gram dengan nilai rata-rata yang didapat yaitu sebesar 34,00356978 Joule.
- b. Spesimen 2 dengan campuran komposit serat batang pisang 0,200 gram, resin 6,8 gram, dan katalis 0,10 gram dengan nilai rata-rata didapat yaitu sebesar 44,25882122 Joule.
- c. Spesimen 3 dengan campuran komposit serat batang pisang 0,400 gram, resin 6,6 gram, dan katalis 0,10 gram dengan nilai rata-rata didapat yaitu sebesar 49,46876167 Joule.
- d. Spesimen 4 dengan campuran komposit serat batang pisang 0,400 gram, resin 6,6 gram, dan katalis 0,10 gram dengan nilai rata-rata didapat yaitu sebesar 54,73146814 Joule.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada pembuatan *molding* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro serta pengujian spesimen *impact* yang diperkuat serat batang pisang pada penelitian ini berisikan tentang kesimpulan serta saran atau masukan yang diperlukan dan diperhatikan agar nantinya dapat menjadi penyempurnaan kembali pada saat pembuatan *moldig* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro.

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pembuatan spesimen uji *impact* menggunakan bahan komposit serat batang pisang ini maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin rendah energi *impact* yang dihasilkan maka jenis perpatahan yang terjadi akan semakin getas.
2. Semakin tinggi energi *impact* yang dihasilkan maka jenis perpatahan yang terjadi akan semakin ulet.
3. Pengujian *impact* ini dilakukan untuk menguji ketangguhan suatu spesimen terhadap pemberian beban secara tiba-tiba melalui tumbukan.
4. Hasil pengujian *impact* 1 sampai dengan 4 memiliki kekuatan yang berbeda-beda disetiap spesimen pengujiannya.
 - a. Spesimen 100 % energi yang diserap sebesar 34,00356978 Joule.
 - b. Spesimen 99,8 % : 0,200 % energi yang diserap sebesar 44,25882122 Joule.
 - c. Spesimen 99,6 % : 0,400 % energi yang diserap sebesar 49,46876167 Joule.
 - d. Spesimen 99,6 % : 0,400 % energi yang diserap sebesar 54,73146814 Joule.

5.2 Saran

Penulis menyadari bahwa hasil dari pembuatan *moldig* sudu dan sudu-sudu turbin dengan material komposit serat batang pisang untuk turbin kaplan pembangkit listrik mikrohidro dan pengujian spesimen uji *impact* masih sangat jauh dari kata sempurna. selain itu, penulis juga menyarankan beberapa hal yang

perlu diperhatikan dalam proses pembuatan komposit dan pengujian *impact*, antara lain;

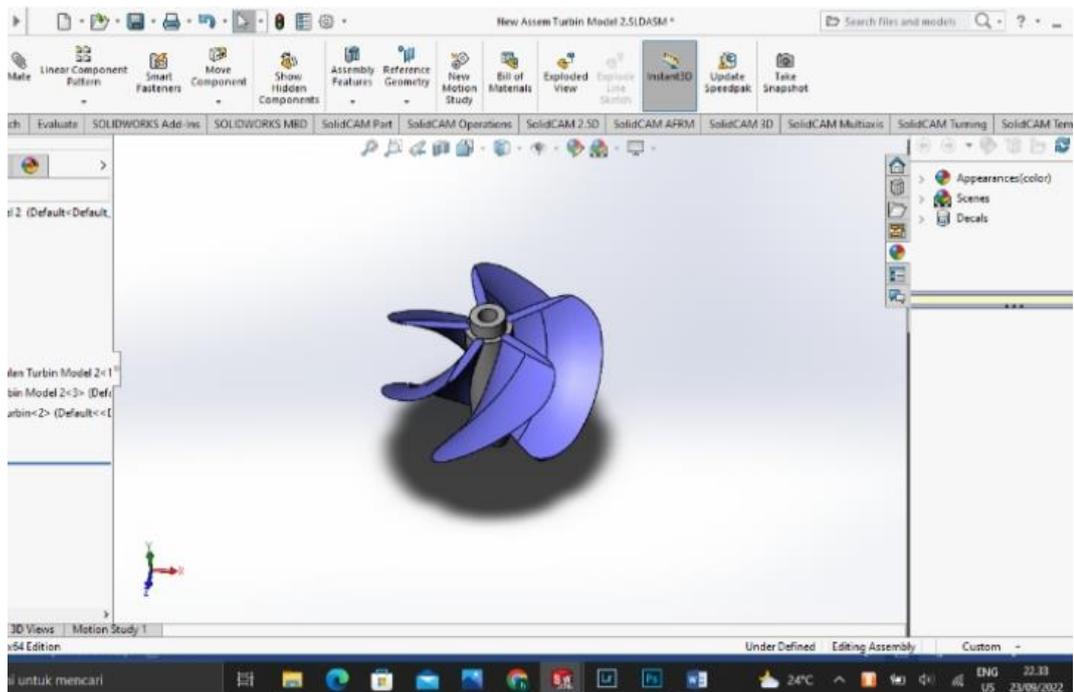
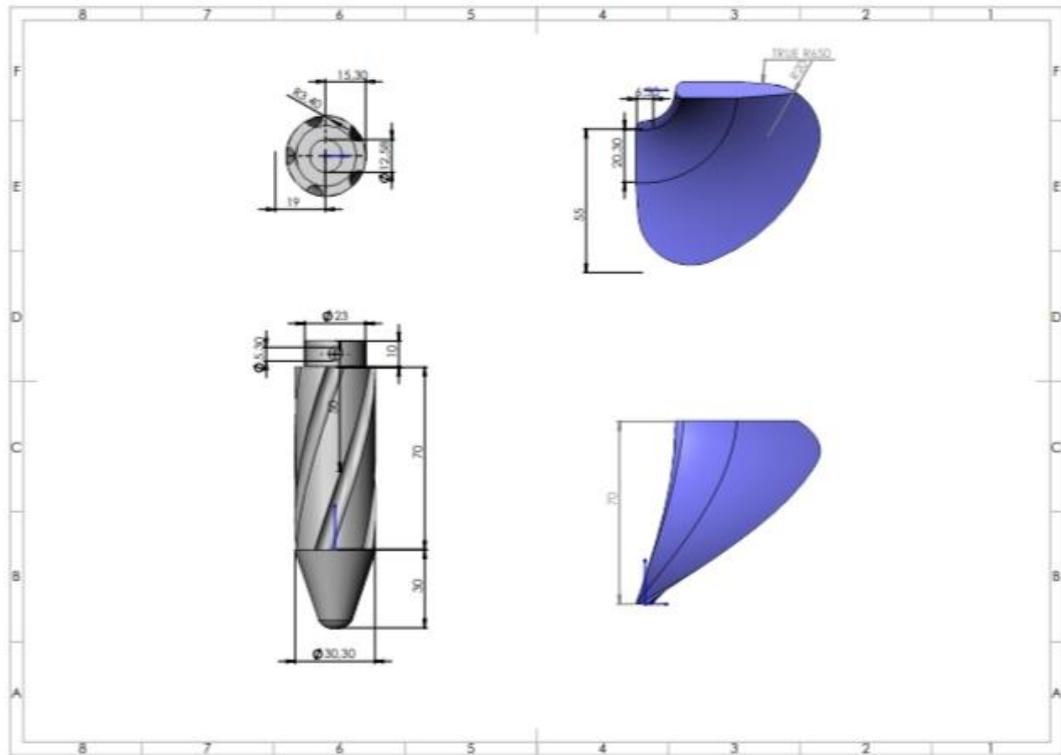
1. Berdasarkan hasil penelitian pembuatan spesimen uji *impact* menggunakan komposit serat batang pisang maka penulis menyarankan untuk pengembangan cetakan spesimen uji *impact* lebih disempurnakan lagi agar kedepannya lebih baik.
2. Mengkalibrasi sebelum menggunakan alat-alat penelitian, agar tidak terjadi kesalahan pada saat pengambilan data.

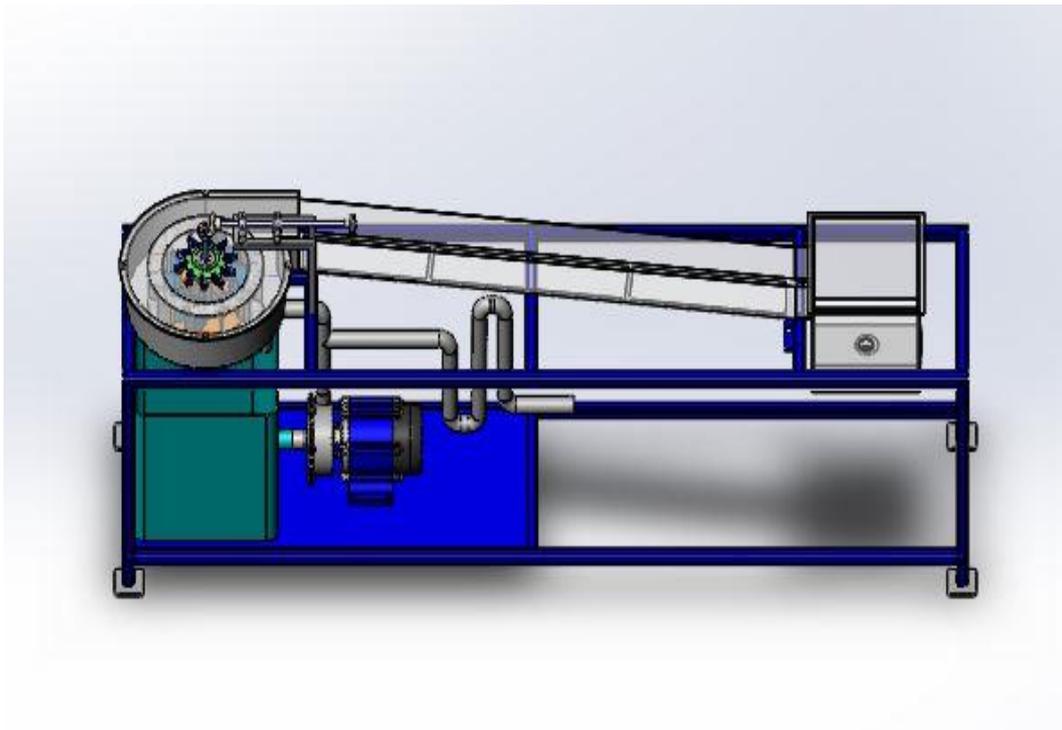
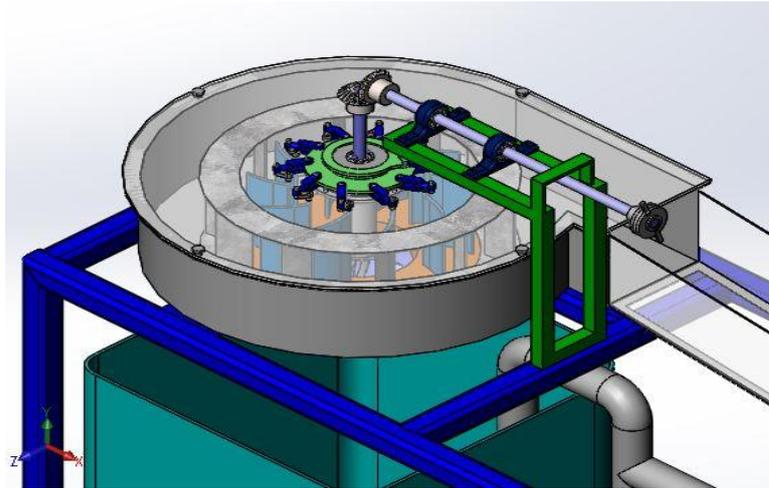
DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, E. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Limbah dari Serat Kelapa Muda, Batang Pisang dan Kertas Bekas terhadap Kekuatan Bending Sebagai Papan Komposit. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 1(2), 38. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v1i2.259>
- Astro, R. B., Ngapa, Y. D., Toda, S. G., Nggong, A., Studi, P., Fisika, P., & Flores, U. (2020). Potensi Energi Air Sebagai Sumber Listrik Ramah. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(2), 125–133.
- Fajri, R. I., Tarkono, ., & Sugiyanto, . (2013). Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), 704947. <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/view/53>
- Fhandymas Abdullah Rasyid Nasution. (2021). *Analisa Pembuatan Tutup Knalpot Berbahan Komposit Menggunakan Serat Ampas Tebu*.
- Gibran1, Syahril Gultom2, Zulkifli Lubis3, P. G. S. (2017). *Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar*. 5(2), 36–46.
- Hanung Bayu Setiawan1), Hartono Yudo1), S. J. (2017). Analisis Teknis Komposit Serat Daun Gebang (*Corypha Utan L.*) Sebagai Alternatif Bahan Komponen Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(1), 456–464. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval>
- Made Andi Kusumayana B1, IxWayanxArtaxWijaya2, I. 1Mahasiswa. (2021). *RANCANG BANGUN PROTOTYPE TURBIN KAPLAN SKALA PLTMH*. 8(2), 160–168.
- Mulyono, & Suwarti. (2015). *Karakteristik Turbin Kaplan Pada Sub Unit Pembangkit Listrik Tenaga Air Kedungombo*. 11(3), 69–74.
- Putra, F. A. (2018). Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin ANALISA PENGARUH SUDUT SUDU DAN DEBIT ALIRAN. *Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin*, 1(1), 1–9.
- Rizki, M. S. (2021). *Pemanfaatan Serat Pelepah Pisang Dan Serbuk Arang Cangkang Kelapasawit Untuk Pembuatan Helm Proyek*. 1–48.
- Sofyan, A., & Bancin, J. (2021). Uji eksperimental pada turbin kaplan dan analisa performansi dengan variasi jumlah sudut gerak terhadap sudut-sudut pengarah 20. *Media.Neliti.Com*, 1(1), 13–18. <https://media.neliti.com/media/publications/340313-uji-eksperimental-pada-turbin-kaplan-dan-c93c4008.pdf>
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 103–111. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5272>
- Wulandari, N., & Sholihin, H. (2020). View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk. *PENGARUH PENGGUNAAN PASTA LABU KUNING (Cucurbita Moschata) UNTUK SUBSTITUSI TEPUNG TERIGU DENGAN PENAMBAHAN TEPUNG ANGKAK DALAM PEMBUATAN MIE KERING*, 1(2), 274–282.

- Yessy Asri 1), A. K. N. (2016). Modul Pembelajaran Plta Berbasis Augmented Reality. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 5(9), 150–155.
- Handoyo, Y. (2013). Perancangan alat uji impact metode charpy kapasitas 100 joule. *jurnal ilmiah teknik mesin*, 1(2), 45-53.
- Purboputro, P. I. (2017). Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan impact komposit enceng gondok dengan matriks poliester. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 7(2).
- Samlawi, A. K. Arifin, Y. F., & Permana, Y. P.(2018, April). Pembuatan dan karakterisasi material komposit serat ijuk (Arenga pinnata) sebagai bahan baku cover body sepeda motor. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL LINGKUNGAN LAHAN BASAH* (Vol. 3, No. 2).
- Muhajir, M., Mizar, M. A., & Sudjimat, D. A. (2016). Analisis kekuatan tarik bahan komposit matriks resin berpenguat serat alam dengan berbagai varian tata letak. *Jurnal Teknik Mesin*, 24(2).
- Diharjo, K. (2006). Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik bahan komposit serat rami-polyester. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1), 8-13.
- Pramono, C., Widodo, S., & Ardiyanto, M. G. (2019). Karakteristik Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Dengan Matriks Epoxy. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), 1-7.
- Hardiana, F., Budiman, H., & Samantha, Y. (2016). Perancangan Alat Uji Impact Metode Charpy Dan Izod. *Jurnal Stima (Proceeding Stima 2.0)*, 248-252.
- Yani, M. (2016). Kekuatan Komposit polymeric foam diperkuat serat tandan kosong kelapa sawit pada pembebanan dinamik. *MEKANIK: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).

LAMPIRAN





LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pembuatan *Molding* Sudu dan Sudu-Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro

Nama : Andre Suwandana
NPM : 1807230053

Dosen Pembimbing : Khairul Umurani, S.T.,M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin/31-01-2022	Pemberian spesifikasi tugas sarjana.	ke
2.	Jumat/04-02-2022	Perbaiki Pendahuluan.	ke
3.	Senin/07-02-2022	Perbaiki tujuan dan perbaiki tinjauan pustaka.	ke
4.	Rabu/16-02-2022	Perbaiki data-data.	ke
5.	Senin/21-02-2022	Perbaikan metode.	ke
6.	Kamis/03-03-2022	Perbaiki diagram alir.	ke
7.	Senin/07-03-2022	ACC, Seminar proposal.	ke
8.	Selasa/13-09-2022	Perbaiki Analisa.	ke
9.	Senin/26-09-2022	Perbaiki kesimpulan.	ke
10.	Sabtu/01-10-2022	ACC, seminar hasil.	ke



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Bila mengunggah surat ini agar ditunjukkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f umsumedan](#) [@ umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1392/IL3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 26 September 2022 dengan ini Menetapkan :

Nama : ANDRE SUWANDANA
Npm : 1807230053
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : V111 (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN MOLDING SUDU DAN SUDU – SUDU TURBIN
DENGAN MATERIAL KOMPOSIT SERAT BATANG
PISANG UNTUK TURBIN KAPLAN PEMBANGKIT LISTRIK
MIKROHIDRO .

Pembimbing I : KHAIRUL UMURANI ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 29 Shafar 1444 H
26 September 2022 M

Dekan



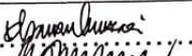
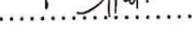
Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202

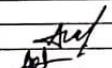
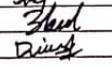
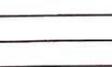
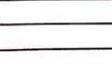


**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar

Nama : Andre Suwandana
 NPM : 1807230053
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Molding Sudu Dan Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT	: 
Pemanding – I : Ir. Arfis Amiruddin, M.Si	: 
Pemanding – II : Rahmatullah, ST, M.Sc Arya Rusli NST, ST MT	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	Andre Suwandana		
2	1807230053	Andre suwandana	
3	1807230058	Muhammad Taufiq Hidayat	
4	1807230115	AHMAD TRI NOVRANDY NST	
5	180723028	DICKY MULYA	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 11 Rabi'ul Awal 1444 H
07 Oktober 2022 M



Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Andre Suwandana
NPM : 1807230053
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Molding Sudu Dan Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro

Dosen Pembanding – I : Ir. Arfis Amiruddin, M.Si
Dosen Pembanding – II : ~~Rahmanulhaq, ST, MT~~ Arya Rudi Nst. S.T.M-T.
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
Rumi Lihon Serat yg si paku
pisang pisang...
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan, 11 Rabi'ul Awal 1444 H
07 Oktober 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I

Ir. Arfis Amiruddin, M.Si

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Andre Suwandana
NPM : 1807230053
Judul Tugas Akhir : Pembuatan Molding Sudu Dan Sudu Turbin Dengan Material Komposit Serat Batang Pisang Untuk Turbin Kaplan Pembangkit Listrik Mikrohidro

Dosen Pembanding – I : Ir. Arfis Amiruddin, M.Si
Dosen Pembanding – II : ~~Rahmatullah, ST, M.Sc~~ Arya Rudi Nst, ST, MT.
Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

- parafisi gambar dengan template
- Parafisi Rupa dan gambar p. 20
- Cetak Rupa Skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :
-
-
-

Medan 11 Rabi'ul Awal 1444 H
07 Oktober 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II

Arya Rudi
Arya Rudi Nst, ST, MT.
~~Rahmatullah, ST, M.Sc~~

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Andre Suwandana
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Sei-Balai, 07 Juni 2001
Alamat : Desa Parsombaan
E-mail : andresuwandana13977@gmail.com
No.Hp : 082365630290

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 101210 Parsombaan	Tahun 2006-2012
2. SMP N 1 Lubuk Barumun	Tahun 2012-2015
3. SMK N 1 Barumun	Tahun 2015-2018
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2018-2022